UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO
DIPARTIMENTO DELL'INNOVAZIONE INDUSTRIALE E DIGITALE

# Corso di Informatica
# modulo "Informatica di Base" – 6 CFU

Anno Accademico 2016/2017

Docente: ing. Salvatore Sorce

# Algoritmi

Università degli Studi di Palermo

# Introduzione

- L'informatica è una tra le discipline scientifiche più giovani e stimolanti
- Evoluzione continua:
  - Realtà virtuale
  - Telemedicina
  - Monitoraggio ambientale
  - Produzione multimediale
  - Elaborazione / riconoscimento automatico del testo
  - Valorizzazione e fruizione di beni/siti culturali
  - …
- Non sempre intuitivamente si riesce a comprendere gli argomenti che sono oggetto dell'informatica

Università degli Studi di Palermo

# Malintesi

- Primo malinteso
  *L'informatica è lo studio dei calcolatori*
- Secondo malinteso:
  *L'informatica è lo studio di come scrivere programmi per calcolatori*
- Terzo malinteso:
  *L'informatica è lo studio degli utilizzi e delle applicazioni dei calcolatori e del software*
- Fellows and Parberry, Computing Research News, 1993:
  *L'informatica non riguarda i calcolatori, così come l'astronomia con i telescopi, la biologia con i microscopi e la chimica con le provette. La scienza non riguarda i dispositivi: riguarda il modo in cui li utilizziamo e ciò che scopriamo utilizzandoli*

Università degli Studi di Palermo

# La definizione di Informatica

- Il concetto centrale nell'informatica è il concetto di *algoritmo*
- Algoritmo (da Abu Ja'far Muhammad ibn-Musa Al-Khowarizmi, 780-850 a.c.):
  - Una procedura per risolvere matematicamente un problema in un numero finito di passi, che spesso comprende ripetizioni di una operazione. In generale: un metodo passo-passo per eseguire un dato compito.
- Gibbs&Tucker, Communications of the ACM, 1986

  Informatica: lo studio degli algoritmi, che comprende:
  - Le loro proprietà formali e matematiche
  - Le loro realizzazioni hardware
  - Le loro realizzazioni linguistiche
  - Le loro applicazioni

Università degli Studi di Palermo

# Definizione Formale di Algoritmo

- Un insieme ben ordinato di operazioni non ambigue ed effettivamente calcolabili che, eseguito, produce un risultato e termina in una quantità finita di tempo.
  - Insieme ben ordinato
  - Operazioni non ambigue e calcolabili
  - Produce un risultato
  - Termina in una quantità finita di tempo

Università degli Studi di Palermo

# Insieme ben ordinato

- Ordinamento delle operazioni da eseguire chiaro e non ambiguo
- Il controllo deve procedere senza ambiguità da una operazione alla successiva
  - Le operazioni sono elencate come passi numerati
  - In assenza di altra indicazione (operazioni condizionali o iterative) il controllo passa sempre al passo successivo

**Preparazione di una torta di ciliegie**

1. Prepara la base
2. Prepara il ripieno di ciliegie
3. Versa il ripieno sulla base
4. Cuoci in forno a 200°C per 45 minuti

Università degli Studi di Palermo

# Operazioni non ambigue e calcolabili

- Tutti i passi devono essere chiari per l'agente.
  - I passi 1 e 2 potrebbero essere chiari solo ad un pasticcere professionista.
- Una operazione non-ambigua è detta una operazione ***primitiva***
- Partendo da una prima versione dell'algoritmo, occorre verificare che tutte le operazioni coinvolte siano primitive

**Preparazione di una torta di ciliegie**

1. Prepara la base
2. Prepara il ripieno di ciliegie
3. Versa il ripieno sulla base
4. Cuoci in forno a 200°C per 45 minuti

Università degli Studi di Palermo

# Operazioni non ambigue e calcolabili

- Per un non professionista, il passo 1 va scomposto in un insieme di sottopassi più semplici

- **Preparazione di una torta di ciliegie**

**1. Prepara la base**

*1.1. Prendi 1/3 tazza di farina*

*1.2. Setaccia la farina*

*1.3. In una terrina, miscela farina, ½ tazza di burro e ¼ tazza di acqua*

1.4. *Spiana il composto in due basi di torta da circa 23 cm*

2. Prepara il ripieno di ciliegie
3. Versa il ripieno sulla base
4. Cuoci in forno a 200°C per 45 minuti

Università degli Studi di Palermo

# Operazioni non ambigue e calcolabili

- Il passo 1 viene scomposto in un insieme di sottopassi più semplici
- Il passo 2 viene scomposto in una serie di sottopassi più semplici
- Tuttavia, il passo 1.2 potrebbe essere non adatto ad essere eseguito per esempio da un bambino

## Preparazione di una torta di ciliegie

1. Prepara la base
   - 1.1. Prendi 1/3 tazza di farina
   - 1.2. Setaccia la farina
   - 1.3. In una terrina, miscela farina, ½ tazza di burro e ¼ tazza di acqua
   - 1.4. Spiana il composto in due basi di torta da circa 23 cm
2. **Prepara il ripieno di ciliegie**
   - *2.1. Versa in una terrina 100 g di ripieno di ciliegia*
   - *2.2. Aggiungi un pizzico di noce moscata e cannella*
   - 2.3. *Mescola*
3. Versa il ripieno sulla base
4. Cuoci in forno a 200°C per 45 minuti

Università degli Studi di Palermo

# Operazioni non ambigue e calcolabili

- Il passo 1.2 può essere ulteriormente decomposto in operazioni più elementari

- **Preparazione di una torta di ciliegie**

1. Prepara la base
   - 1.1. Prendi 1/3 tazza di farina
   - **1.2. Setaccia la farina**
     - *1.2.1. Prendi un setaccio e mettilo su una terrina da due quarti di litro*
     - *1.2.2. Versa la farina nel setaccio e gira la manovella*
     - 1.2.3. *Lascia cadere la farina nella terrina*
   - 1.3. In una terrina, miscela farina, ½ tazza di burro e ¼ tazza di acqua
   - 1.4. Spiana il composto in due basi di torta da circa 23 cm
2. Prepara il ripieno di ciliegie
   - 2.1. Versa in una terrina 100 g di ripieno di ciliegia
   - 2.2. Aggiungi un pizzico di noce moscata e cannella
   - 2.3. Mescola
3. Versa il ripieno sulla base
4. Cuoci in forno a 200°C per 45 minuti

Università degli Studi di Palermo

# Operazioni non ambigue e calcolabili

- In sintesi, è fondamentale arrivare ad una descrizione dell'algoritmo in primitive eseguibili da un agente di calcolo senza necessità di ulteriori istruzioni.

- Le operazioni devono poi essere effettivamente calcolabili
  - *Stampare la lista di tutti i numeri primi*
  - *Somma 1 al valore corrente di x*

- **Preparazione di una torta di ciliegie**

1. Prepara la base
   1.1. Prendi 1/3 tazza di farina
   1.2. Setaccia la farina
      1.2.1. Prendi un setaccio e mettilo su una terrina da due quarti di litro
      1.2.2. Versa la farina nel setaccio e gira la manovella
      1.2.3. Lascia cadere la farina nella terrina
   1.3. In una terrina, miscela farina, ½ tazza di burro e ¼ tazza di acqua
   1.4. Spiana il composto in due basi di torta da circa 23 cm
2. Prepara il ripieno di ciliegie
   2.1. Versa in una terrina 100 g di ripieno di ciliegia
   2.2. Aggiungi un pizzico di noce moscata e cannella
   2.3. Mescola
3. Versa il ripieno sulla base
4. Cuoci in forno a 200°C per 45 minuti

Università degli Studi di Palermo

# Produce un risultato

- Gli algoritmi risolvono problemi
- Per comprendere se una soluzione algoritmica è corretta, il suo risultato deve potere essere confrontato con quello atteso.
- Se un risultato non è producibile, l'algoritmo deve produrre un messaggio di errore, attivare un allarme, o fornire una approssimazione del risultato corretto

- **Preparazione di una torta di ciliegie**
  1. Prepara la base
  2. Prepara il ripieno di ciliegie
  3. Versa il ripieno sulla base
  4. Cuoci in forno a 200°C per 45 minuti
- Risultato:
  - la torta

- **Programmazione di un VCR**
- Risultato:
  - il nastro col programma televisivo registrato

Università degli Studi di Palermo

# Termina in una quantità finita di tempo

- Il risultato deve essere prodotto dopo l'esecuzione di un numero finito di operazioni
- E' tipico causare cicli infiniti quando la condizione presente nelle operazioni iterative non si verifica mai
- Esempio:
  1. Poni n=0
  2. Ripeti i passi 3 e 4 mentre n<3
  3. Stampa "Ciao!"
  4. n = n - 1
  5. Fine
- Risultato:
  - Ciao!Ciao!Ciao!Ciao!Ciao!…

- **Fare lo shampoo - I**
  1. Inumidisci i capelli
  2. Insapona
  3. Risciacqua
  4. Ripeti
- Risultato
  - Il cliente si stanca, finisce l'acqua, finisce lo shampoo?

- **Fare lo shampoo - II**
  1. Inumidisci i capelli
  2. Ripeti due volte i passi 3 e 4
  3. Insapona
  4. Risciacqua
  5. Stop. Lo shampoo è fatto

Università degli Studi di Palermo

# Termina in una quantità finita di tempo

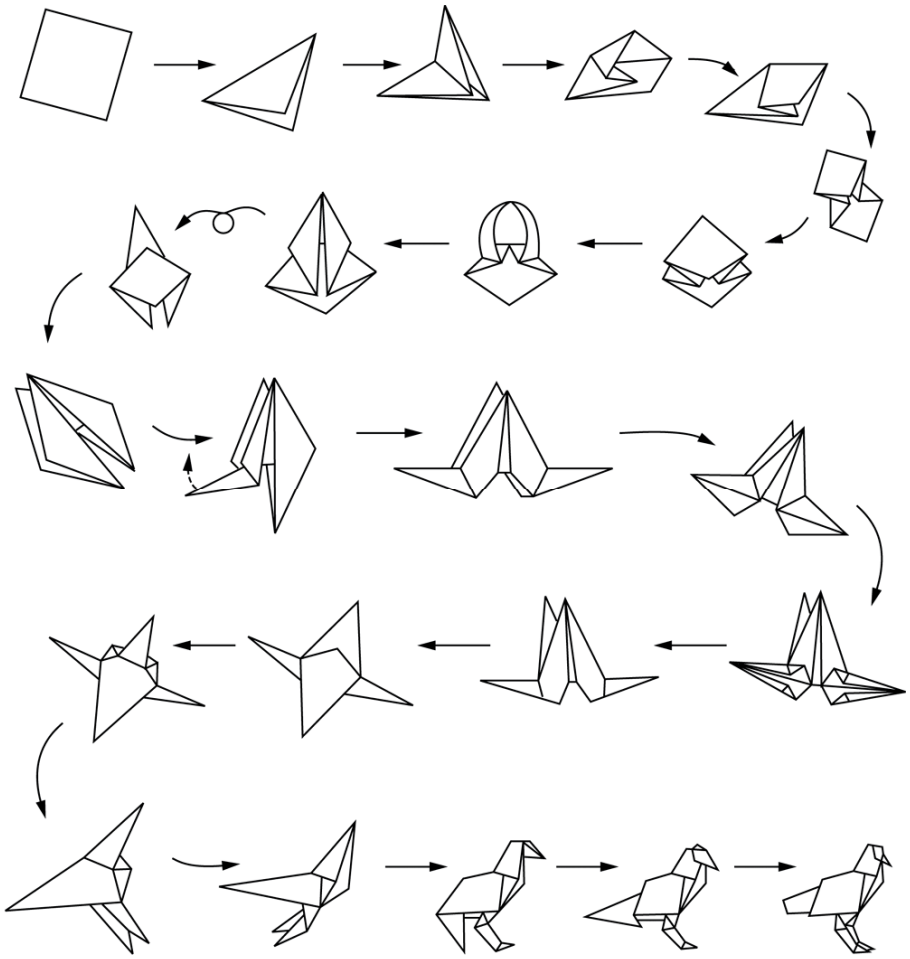
- Il risultato deve essere prodotto dopo l'esecuzione di un numero finito di operazioni
- E' tipico causare cicli infiniti quando la condizione presente nelle operazioni iterative non si verifica mai
- Esempio:
  1. Poni n=0
  2. Ripeti i passi 3 e 4 mentre n<3
  3. Stampa "Ciao!"
  4. n = n + 1
  5. Fine
- Risultato:
  - Ciao!Ciao!Ciao!

- **Fare lo shampoo - I**
  1. Inumidisci i capelli
  2. Insapona
  3. Risciacqua
  4. Ripeti
- Risultato
  - Il cliente si stanca, finisce l'acqua, finisce lo shampoo?

- **Fare lo shampoo - II**
  1. Inumidisci i capelli
  2. Ripeti due volte i passi 3 e 4
  3. Insapona
  4. Risciacqua
  5. Stop. Lo shampoo è fatto

Università degli Studi di Palermo

# Un esempio di algoritmo – L'origami



Università degli Studi di Palermo

# Rappresentazione di un algoritmo

- Linguaggio naturale
- Pseudocodice
- Diagrammi di flusso
- Linguaggio di programmazione formale

Università degli Studi di Palermo

# Rappresentazione di un algoritmo

- Esempio:

**Somma di due numeri interi *A* e *B***

**composti da *m* cifre**

$$A = a_{m-1}a_{m-2}\ldots a_1a_0,\ B = b_{m-1}b_{m-2}\ldots b_1b_0$$

$$C = A + B = c_mc_{m-1}c_{m-2}\ldots c_1c_0$$

$$\begin{array}{ll} A = & a_{m-1}\ a_{m-2}\ \ldots\ a_0\ + \\ B = & b_{m-1}\ b_{m-2}\ \ldots\ b_0\ = \\ \hline C = & c_m\ c_{m-1}\ c_{m-2}\ \ldots\ \ c_0 \end{array}$$

Università degli Studi di Palermo

# Rappresentazione di un algoritmo

- Linguaggio naturale
  - Metti "in colonna" i due numeri e poni inizialmente il valore del riporto a 0. Cominciando dalla colonna più a destra (quella delle unità), somma le cifre in colonna più il riporto per ottenere la corrispondente cifra nel risultato. Se il risultato è maggiore di dieci, la cifra del risultato si ottiene sottraendo dieci e ponendo il riporto alla colonna successiva pari a 1 e passa alla colonna successiva, altrimenti passa direttamente alla colonna successiva. Ripeti queste operazioni per tutte le colonne fino all'ultima. Quando sono finite le cifre da sommare poni la cifra più a sinistra del risultato uguale all'ultimo riporto e stampa il risultato finale. Dopo la stampa, l'algoritmo è finito. Fermati.

# Rappresentazione di un algoritmo

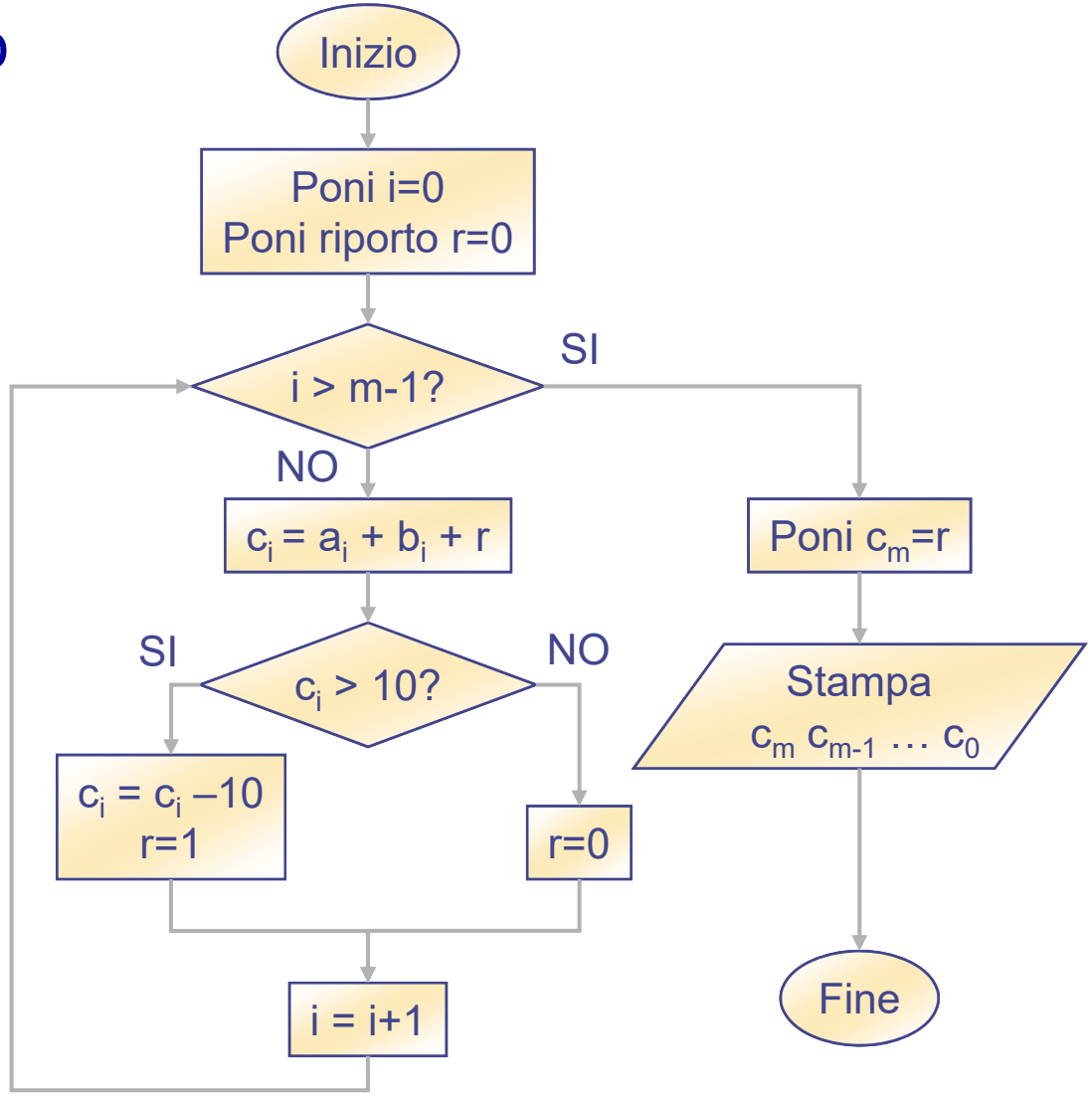
- Pseudocodice

1. Poni il valore della variabile *riporto* a 0
2. Poni il valore della variabile *i* a 0
3. Ripeti i passi da 4 a 6 fino a che il valore di *i* è maggiore di *m-1*
4. Somma $a_i$ e $b_i$ al valore corrente del *riporto* per ottenere $c_i$
5. Se il valore ottenuto per $c_i$ è maggiore o uguale di 10 allora
   calcola il nuovo $c_i$ , sottraendo 10 dal valore corrente di $c_i$
   poni *riporto=1*
   altrimenti poni *riporto* uguale a 0
6. Aggiungi 1 ad *i*
7. Poni la cifra più a sinistra del risultato, $c_i$, uguale a *riporto*
8. Stampa il risultato finale, $c_m\ c_{m-1}\ c_{m-2} \ldots c_1\ c_0$
9. Fermati.

Università degli Studi di Palermo

# Rappresentazione di un algoritmo

- Diagramma di flusso



Università degli Studi di Palermo

# Rappresentazione di un algoritmo

- Linguaggio di programmazione formale (C++)

```
1.  int a[3], b[3], c[3];
2.  int m, i, riporto;
3.  riporto=0;
4.  i=0;
5.  while(i<m) {
6.      c[i]=a[i]+b[i]+riporto;
7.      if(c[i]>10)
8.          {c[i]-=10;
9.           r=1;}
10.     else r=0;
11.     i++;
12. }
13. c[m]=r;
14. printf("%d %d %d\n", c[2],c[1],c[0]);
```

Università degli Studi di Palermo

# Il flusso di esecuzione

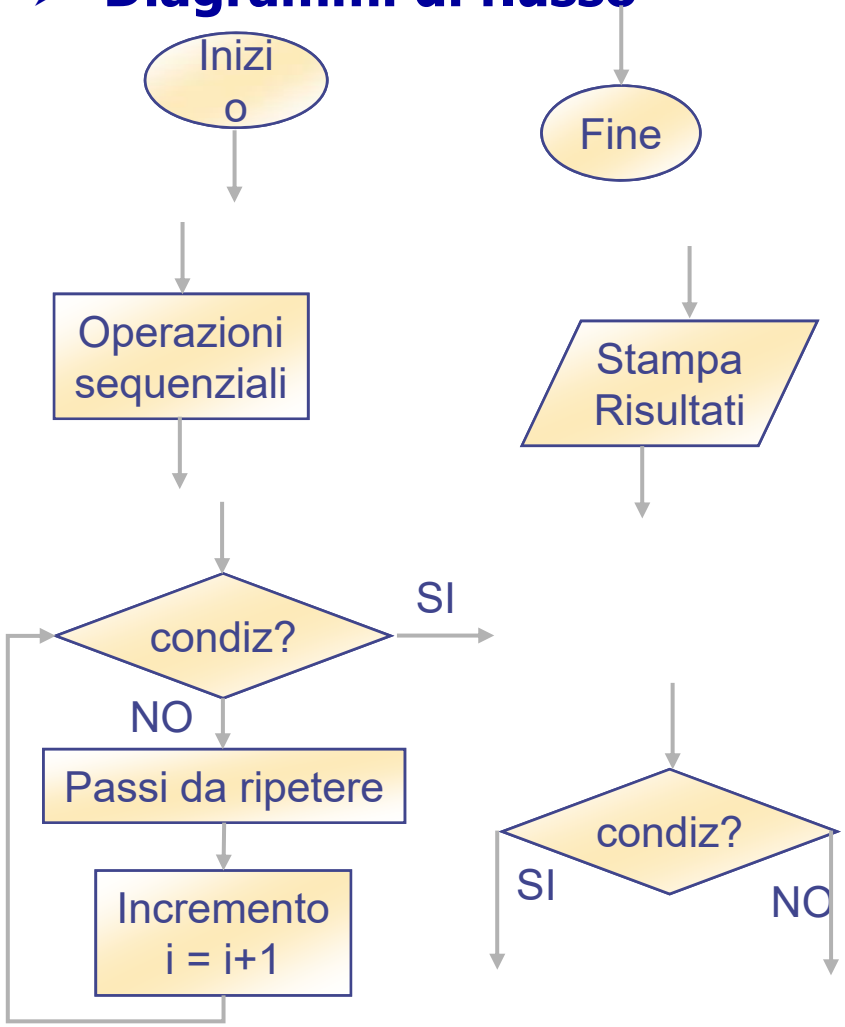
Il flusso di esecuzione procede da un'istruzione a quella successiva fino a quando non viene raggiunta la fine del programma

Università degli Studi di Palermo

# Algoritmi e diagrammi di flusso

- **Pseudocodice**
- Operazioni sequenziali
  - Realizzano un solo compito ben definito
  - Il controllo passa all'operazione successiva quando il compito è finito
  - Frase dichiarativa
  - Operazioni di I/O
- Operazioni condizionali
  - Selezionano l'operazione successiva sulla base di una domanda
- Operazioni iterative
  - Eseguono un ciclo di istruzioni fino a quando la condizione di uscita è verificata

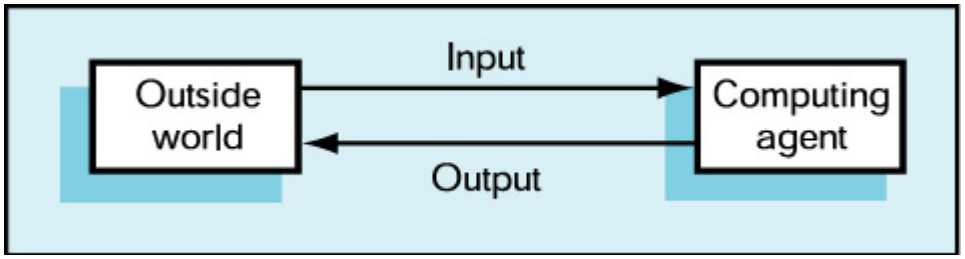
- **Diagrammi di flusso**



Università degli Studi di Palermo

# Operazioni sequenziali

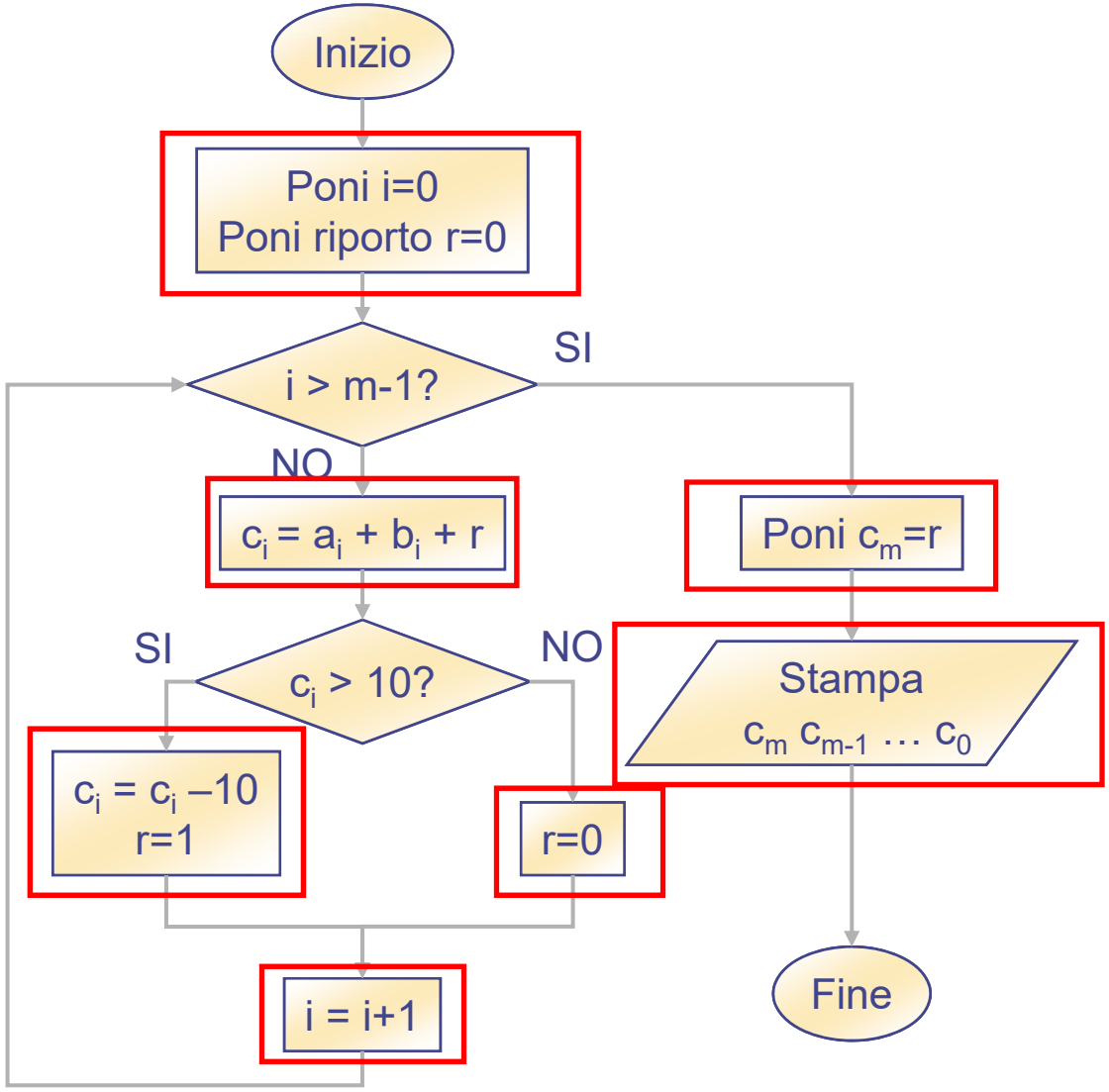
- Elaborazione, Ingresso, Uscita
  - Operazioni di ingresso
    - Es.: acquisisci il valore per "variabile"
  - Operazioni di uscita
    - Es.: stampa il valore per "variabile", descrizione della variabile
  - Operazioni di Elaborazione
    - Es.: eseguire un calcolo per il valore di "variabile"



Università degli Studi di Palermo

# Rappresentazione di un algoritmo

## Operazioni sequenziali



Università degli Studi di Palermo

# Operazioni condizionali

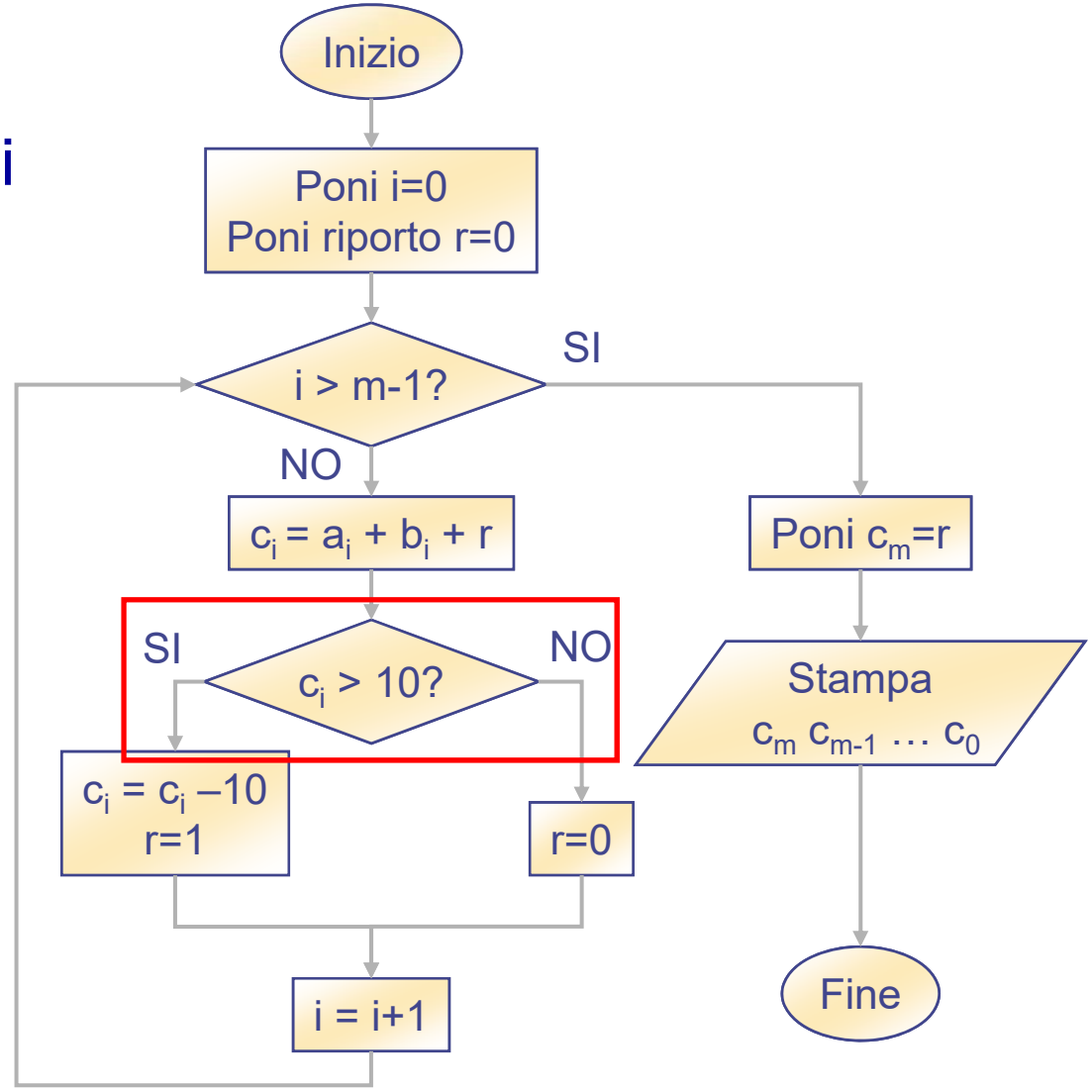
- Se “condizione” è vera/falsa allora
  - Prima serie di istruzioni
- Altrimenti
  - Seconda serie di istruzioni

- Alterano il flusso di esecuzione dell’algoritmo

Università degli Studi di Palermo

# Rappresentazione di un algoritmo

## Operazioni condizionali



Università degli Studi di Palermo

# Operazioni iterative

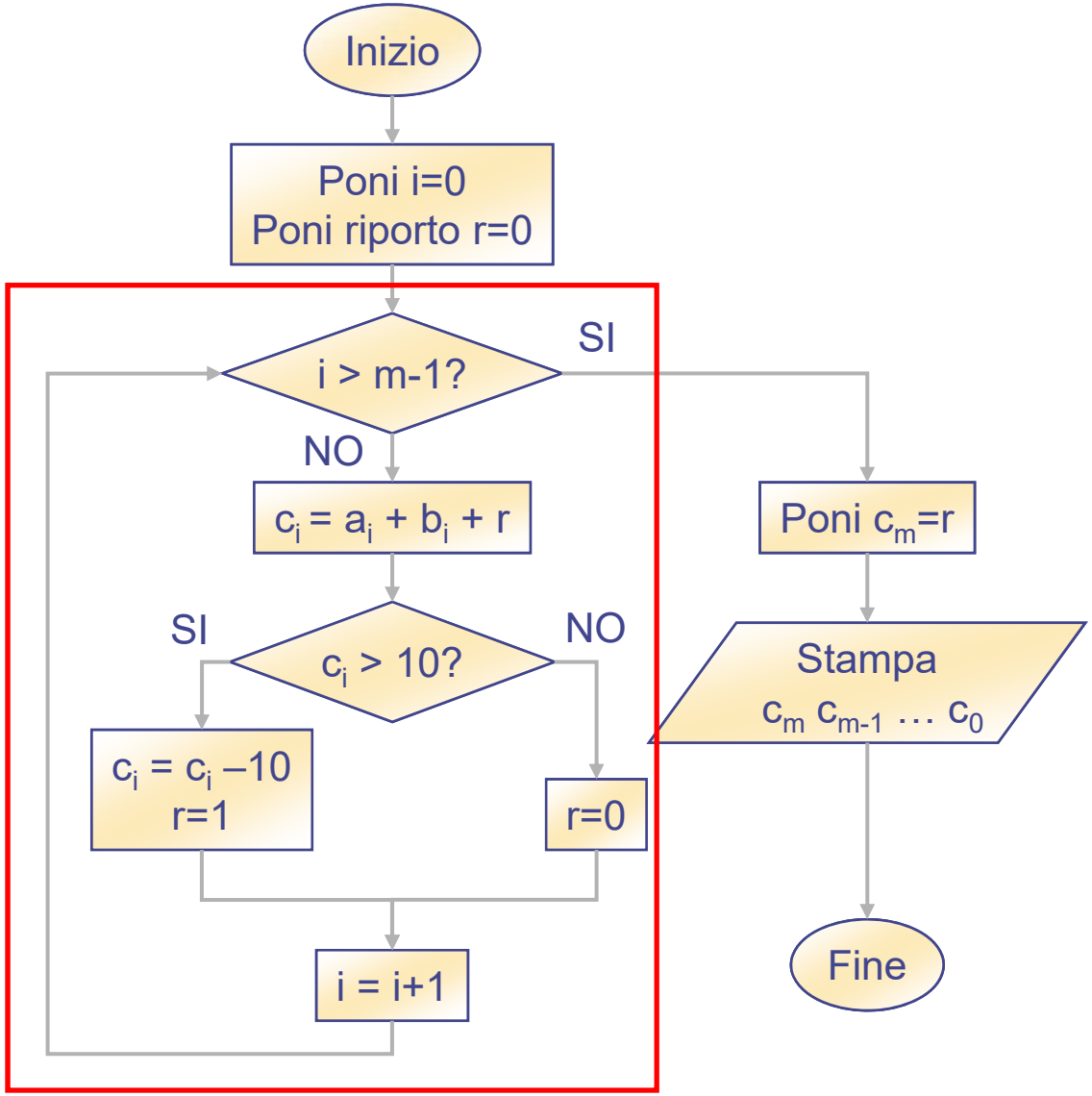
- Ciclo a condizione iniziale:
  - Finchè "condizione" è vera/falsa ripeti:
    - Istruzione 1
    - Istruzione 2
    - …
    - Istruzione N

- Ciclo a condizione finale:
  - Ripeti:
    - Istruzione 1
    - Istruzione 2
    - …
    - Istruzione N
  - Finchè "condizione" è vera/falsa

Università degli Studi di Palermo

# Rappresentazione di un algoritmo

## Operazioni iterative



Università degli Studi di Palermo

# Attributi di un algoritmo

- Correttezza
  - Un algoritmo non deve soltanto produrre un risultato, ma deve produrre un risultato corretto
  - Un algoritmo deve produrre un risultato utile
- Facilità di comprensione
  - Necessità di adattare un algoritmo per una varietà di scenari possibili.
  - Importante per garantire la manutenibilità dei programmi
- Eleganza
  - Spesso in antitesi con facilità di comprensione
  - Es.: Somma dei primi 100 numeri interi

$$\frac{N * (N + 1)}{2}$$

Università degli Studi di Palermo

# Attributi di un algoritmo - II

- Efficienza
  - Tempo di calcolo e spazio in memoria sono quantità limitate
  - L'efficienza di una algoritmo misura la sua capacità di utilizzare bene le risorse del calcolatore sui cui gira, in termini di tempo di calcolo e memoria utilizzata
- Efficienza nell'uso dello spazio
  - Quantità di informazioni da memorizzare per svolgere il compito in aggiunta ai dati di ingresso
  - Tanto più inefficiente quanto più memoria aggiuntiva è richiesta
- Efficienza nell'uso del tempo di calcolo
  - Benchmarking: fissare i parametri della misura, ovvero l'insieme dei dati di ingresso, la macchina specifica, il particolare profilo di uso dell'algoritmo

Università degli Studi di Palermo

# Attributi di un algoritmo - III

- Efficienza nell'uso del tempo di calcolo
  - Indicazione della ***quantità di lavoro*** richiesta dalla natura dell'algoritmo
  - Tale quantità di lavoro dipende dal numero di passi richiesti per eseguire il compito
  - Il confronto tra due algoritmi va operato sulla base del numero di passi e non del tempo di esecuzione su una particolare macchina.

Università degli Studi di Palermo

## Esempio: moltiplicazione di due numeri interi N x M (pseudocodice)

- *Risultato* = 0
- Se N ≠ 0 allora:
  - Se M < 0 allora:
    - Se N < 0 allora:
      - *inverti il segno di N ed M*
    - Altrimenti scambia N con M:
      - *t = M*
      - *M = N*
      - *N = t*
  - *i* = 0
  - mentre i < M ripeti:
    - *Risultato = Risultato + N*
    - *i = i + 1*
- Stampa *Risultato*

Università degli Studi di Palermo

# Esempio: moltiplicazione di due numeri interi N x M (diagramma di flusso)